

# **PERANCANGAN FILTER PASIF *SINGLE TUNED FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA BEBAN NON LINIER**

---

---

**Heri Sungkowo<sup>13</sup>**

## **Abstrak**

Penelitian pengaruh penggunaan beban-beban non-linear terhadap nilai harmonisa pada konsumen domestik khususnya pada jenis perumahan dengan kapasitas daya 450 VA. Dari nilai harmonisa yang ditimbulkan oleh beban-beban non-linear, maka perlu perancangan dan pembuatan filter harmonisa untuk mengatasinya.

Untuk mengatasi masalah harmonisa tersebut, peneliti menggunakan single tuned filter karena filter ini mampu mereduksi nilai harmonisa dengan komponen yang sederhana, yaitu terdiri dari komponen induktor dan kapasitor. Single tuned filter dirancang dan ditempatkan diantara sumber dengan 5 jenis beban non-linear yang terpasang. Beban-beban non-linear dalam percobaan ini terdiri dari LHE (Lampu Hemat Energi), lampu TL (*fluorescent*), kulkas, televisi, dan motor pompa. Pemasangan filter tersebut bertujuan untuk mengurangi harmonisa arus dan harmonisa tegangan pada sistem.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terjadi penurunan nilai THD (*Total Harmonic Distortion*) arus yaitu dari 17,8% pada saat sebelum dipasang filter menjadi 10,2% setelah pemasangan filter, dan untuk THD tegangan berkurang dari 3,8% menjadi 2,5%. Pada akhirnya, nilai THDv maupun THDi setelah pemasangan single tuned filter tereduksi dan berada dalam di bawah standar IEEE 519-1992. Sedangkan untuk nilai arusnya (Irms) mengalami penurunan sebesar 30% (dari 2 ampere menjadi 1,4 ampere).

**Kata-kata kunci:** beban non-linear, single tuned filter.

## ***Abstract***

*This Study was to investigate the effect of the use of weights to the value of non-linear harmonics on domestic consumers particularly on the type of housing with a capacity of 450 VA. From the value of harmonics*

---

<sup>13</sup>*Heri Sungkowo. Dosen Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang.*

*generated by loads of non-linear, it is necessary to design and manufacture harmonic filter to cope.*

*To overcome the problem of harmonics, the researchers used a single tuned filter because the filter is able to reduce the value of harmonics with a simple component, which consists of the inductor and capacitor components. Single tuned filters are designed and placed between the source of the 5 types of non-linear loads are attached. Expenses for non-linear in this experiment consists of LHE (Energy Saving Lamps), fluorescent lamp (flourcent), refrigerator, television, and the pump motor. Installation of the filter is aimed at reducing the current harmonics and voltage harmonics on the system. From the research that has been done impaired THD (Total Harmonic Distortion) is current from 17.8% at the time of pre-installed filters to 10.2% after the installation of filters, and for THD (Total Harmonic Distortion) voltage is reduced from 3.8 % to 2.5%. Finally,, the value of THDv and THDi after installation and reduced single-tuned filter is in sub-standard IEEE 519-1992. As for the value of the current (IRMS) has decreased by 30% (from 2 ampere to 1.4 ampere).*

**Keywords:** *load of non-linear, single tuned filter, THD*

## **1. PENDAHULUAN**

Energi listrik merupakan komponen penting dalam kehidupan. Salah satu sektor pemakai energi listrik terbesar adalah bangunan perkantoran/komersial dan sektor industri. Setiap rumah memiliki beban-beban non-linier yang dapat menyumbangkan harmonisa ke sistem. Jika tidak ditangani dengan serius maka akan berdampak buruk pada sistem tenaga listrik, kemungkinan peralatan-peralatan listrik yang terpasang akan mengalami kerusakan sehingga waktu kerjanya akan menjadi singkat. Oleh sebab itu diperlukan filter harmonisa yang dipasang pada masing-masing rumah, agar harmonisa yang ada dapat direduksi dan dapat meminimalisasikan kerusakan peralatan listrik. Terdapat 3 jenis filter yaitu, filter pasif, filter aktif, dan filter hybrid. Pada tugas penelitian ini memakai filter pasif jenis single tuned filter untuk mereduksi nilai harmonisa ke 3, 5, dan 7 yang ditimbulkan oleh beban-beban non linier. Sehingga

diharapkan nilai harmonisa akan berkurang setelah pemasangan filter harmonisa jenis single tuned.

Permasalahan yang dibahas dalam tulisan ini adalah pemberian single tuned filter pada rangkaian dapat mereduksi nilai harmonisa yang disebabkan oleh beban non-linier yang terpasang dan pemasangan single tuned filter, harmonisa yang terkandung dalam semua beban non-linear dapat tereduksi sesuai dengan standart IEEE 519-1992.

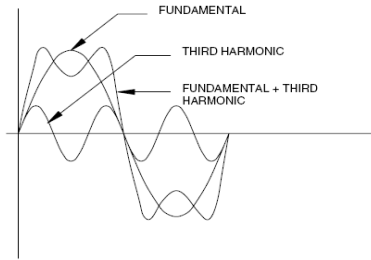
## **2. KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 Beban Non-Linier**

Beban non-linier yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen semi konduktor dalam peralatan elektronik. Perubahan bentuk gelombang ini tidak terkait dengan sumber tegangannya.

### **2.2 Harmonisa**

Harmonisa didefinisikan sebagai cacat gelombang sinus yang disebabkan oleh interaksi antara bentuk gelombang sinus sistem dengan gelombang lain yang mempunyai frekuensi kelipatan bilangan bulat dari frekuensi fundamental-nya. Frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz (di Indonesia), maka harmonisa kedua adalah gelombang dengan frekuensi 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi 150 Hz dan seterusnya.



Gambar 1. Bentuk Gelombang Harmonic Orde ke-3 (Dugan dan Mc Granaghan, 1996:127-130)

Harmonisa ketiga dapat didefinisikan sebagai 3 periode gelombang yang terbentuk pada saat gelombang fundamental-nya masih berlangsung dalam satu periode. Harmonisa yang kelima juga terbentuk menjadi 5 periode gelombang yang lebih kecil amplitudonya saat gelombang fundamental masih berlangsung dalam satu periode.

### 2.3 THD (*Total Harmonic Distortion*)

Untuk mengukur nilai efektif dari komponen-komponen harmonisa dari gelombang cacat (terdistorsi) digunakan besaran THD (*Total Harmonic Distortion*) yaitu perbandingan antara nilai rms komponen harmonisa sebuah besaran (arus atau tegangan) terhadap nilai rms arus atau tegangan tersebut pada frekuensi dasarnya dan biasanya dihitung dalam persen.

$$\mathbf{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h=\max} M^2_h}}{M_1} \times 100\% \quad (1)$$

dimana  $M_h$  adalah nilai rms komponen harmonisa ke  $h$  dari sebuah besaran  $M$ . Nilai rmsnya sendiri dapat diperoleh jika diketahui nilai rms komponen harmonisa pertama dan nilai THD nya yaitu:

$$\mathbf{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{h=\max} M^2_h} = M_1 \cdot \sqrt{1 + THD^2} \quad (2)$$

Untuk arus harmonisa nilai THD nya :

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{I_3^2 + I_5^2 + \dots + I_n^2}}{I_1} \times 100\% \quad (3)$$

dengan  $I_n$  adalah nilai arus rms harmonisa ke\_n atau

$$I_n = \frac{I_{nm}}{\sqrt{2}}. \text{ Sementara untuk tegangan harmonisa nilai THD nya:}$$

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{V_3^2 + V_5^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \times 100\% \quad (4)$$

dengan  $V_n$  adalah nilai tegangan rms harmonisa ke\_n

$$\text{atau } V_n = \frac{V_{nm}}{\sqrt{2}}.$$

THD arus bervariasi dari beberapa persen sampai lebih dari 100%. THD tegangan biasanya lebih kecil dari 5%. Di bawah 5% umumnya dapat diterima tetapi jika di atas 10% maka ini tidak dapat diterima dan akan mengakibatkan masalah untuk beban-beban dan peralatan yang sensitif (Grady dan Surya, 2011).

Tabel 2.1 Standar Batas Distorsi Tegangan Harmonisa Maksimum

Voltage at PCC	Individual Component Voltage Distortion	Total Voltage Distortion (THD <sub>V</sub> )
$V \leq 69 \text{ KV}$	3.00 %	5.00 %
$69 \text{ KV} < V \leq 161 \text{ KV}$	1.50 %	2.50 %
$V \leq 161 \text{ KV}$	1.00 %	1.50 %

Sumber : Duffey, 1989

Tabel 2.2 Standar Batas Distorsi Arus Harmonisa Maksimum

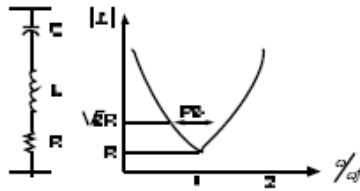
MAXIMUM HARMONIC CURRENT DISTORTION IN % OF FUNDAMENTAL						
$I_{sc}/I_L$	Harmonic Order (Odd Harmonic)					THD (%)
	$< 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 25$	$35 \leq h$	
< 20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20-50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50-100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100-1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
Even harmonics are limited to 25 % of the odd harmonic limits above						
* All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual $I_{sc}/I_L$						
Where $I_{sc}$ = Maximum short circuit current at PCC And $I_L$ = Maximum load current (fundamental frequency) at PCC						
For PCC's from 69 to 138 kV, the limits are 50 percent of the limits above. A case-by-case evaluation is required for PCC's of 138 kV and above.						

Sumber : Duffey, 1989

## 2.4 Single Tuned Filter

Ada 3 macam jenis filter yaitu, filter pasif, filter aktif, dan filter hybrid. Filter pasif yang terdiri dari komponen LC (induktor dan kapasitor) dapat menekan orde harmonisa pada sistem misalkan orde harmonisa arus ke-3, orde yang terdekat kemungkinan juga bisa tereduksi. Sedangkan Filter aktif merupakan perangkat elektronika daya yang mereduksi nilai harmonisa pada setiap fasa, sehingga gelombang arus tetap sinusoidal. Filter hybrid merupakan gabungan dari filter pasif dan filter aktif (Petrov, 2009).

Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa. Filter pasif sebagian besar didesain untuk memberikan bagian khusus mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Tipe filter pasif yang paling umum adalah single tuned filter. Contoh dari filter yang umum digunakan pada tegangan rendah (480 V) ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2. Kurva Rangkaian Filter Penalaan Tunggal dan Kurva Impedansi Filter Terhadap Frekuensi (Tanoto, 2009)

Filter dengan penalaan tunggal ditala pada salah satu orde harmonisa. Filter ini terdiri dari rangkaian seri kapasitor, reaktor dan resistor (RLC). Impedansi dari rangkaian gambar 2 dinyatakan dalam persamaan

$$Z(\omega) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \tag{5}$$

Pada penelitian ini menggunakan filter pasif jenis *single tuned filter*. *Single tuned filter* digunakan untuk mengurangi penyimpangan tegangan pada sistem tenaga dan juga sebagai koreksi faktor daya. Filter ini dirangkai dengan menggunakan komponen RLC. Nilai-nilai resistansi, induktansi dan kapasitansi ditentukan oleh parameter sebagai berikut :

- Daya reaktif pada tegangan nominal (*var*)
- Frekuensi tuning (*Hz*)
- Faktor kualitas(*Q*)

Perencanaan desain filter antara lain :

1. Menentukan nilai kapasitansi kapasitor sesuai kebutuhan kompensasi faktor daya

$$Q_c = P \left( \tan_{\phi_{awal}} - \tan_{\phi_{akhir}} \right) \tag{6}$$

2. Menentukan nilai kapasitor

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} \tag{7} \qquad \frac{1}{2\pi f \cdot c} = \frac{V^2}{Q_C} \tag{8}$$

$$C = \frac{Q_C}{2\pi f \cdot V^2} \tag{9}$$

dengan :

$Q_C$  = besarnya kompensasi daya reaktif yang Diperlukan

$V$  = tegangan sistem yang digunakan (380V)

$f$  = frekuensi fundamental (50Hz)

3. Menentukan nilai induktor

Nilai induktor dicari berdasarkan prinsip resonansi

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{2\pi f \cdot C} = 2\pi f \cdot L$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 \cdot C} \quad (10)$$

4. Faktor kualitas (Q) filter didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi (atau kapasitansi) pada saat resonansi dengan besaran resonansi

$$Q = \frac{X_C}{R} \quad (11)$$

dengan  $X_L = X_C = X_0$  pada keadaan resonansi

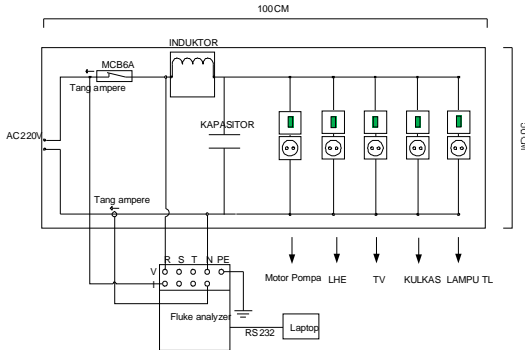
### 3. METODE

Pada penelitian ini untuk mendapatkan grafik harmonisa tegangan dan arus (%) dari beberapa 5 sampel lampu hemat energi dan beberapa macam beban-beban non-linier.



Gambar 3. Flow Chart Langkah-langkah Pereduksian Harmonisa

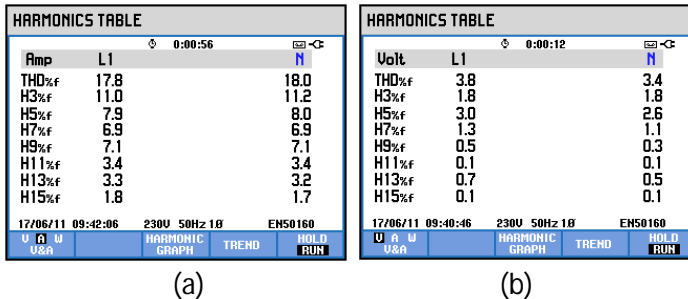




Gambar 4. Gambar Rangkaian Sesudah Dipasang *Single Tuned Filter*

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan ini percobaan dilakukan pada semua beban non-linear yang terpasang pada sistem. Beban-beban non-linear tersebut diantaranya adalah LHE (lampu hemat energi), lampu TL, televisi, kulkas, dan motor pompa. Hasil pengukuran terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. (a) THDi total beban non-linear sebelum difilter  
(b) THDv total beban non-linear sebelum difilter

a). Sebelum pemasangan filter

Untuk nilai THD arus berdasarkan gambar 4.1 (a,b) adalah 17,8% pada frekuensi fundamental dengan harmonisa tertinggi pada orde ke-3 sebesar 11,0%, kemudian orde ke-5 sebesar 7,9%, orde ke-7 sebesar 6,9%, orde ke-9 sebesar 7,1%, orde ke-11 sebesar 3,4%,

orde ke-13 sebesar 3,3%, dan orde ke-15 sebesar 1,8%. Nilai ini sudah berada di atas standart IEEE 519-1992 yaitu 15% untuk harmonisa arus kurang dari orde ke-11. Nilai orde harmonisa ini didominasi oleh orde ganjil yang tertinggi yaitu orde ke-3.

untuk mencari nilai dari reaktansi kapasitor menggunakan rumus

$$\Delta Q = \frac{V^2}{X_c}$$

maka dapat ditentukan nilai dari kapasitor tersebut menggunakan

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

rumus resonansi seri sudah bisa digunakan  $X_L = X_C$ , dari rumus tersebut maka dapat diketahui nilai dari induktor untuk filter tersebut. Setelah dihitung maka ditemukan nilai C= dan L= 102,34 mH.

b). Sesudah pemasangan filter

	L1	N
THD% <sub>f</sub>	2.5	2.3
H3% <sub>f</sub>	0.8	1.0
H5% <sub>f</sub>	2.2	2.0
H7% <sub>f</sub>	0.6	0.3
H9% <sub>f</sub>	0.5	0.4
H11% <sub>f</sub>	0.2	0.1
H13% <sub>f</sub>	0.2	0.1
H15% <sub>f</sub>	0.4	0.2

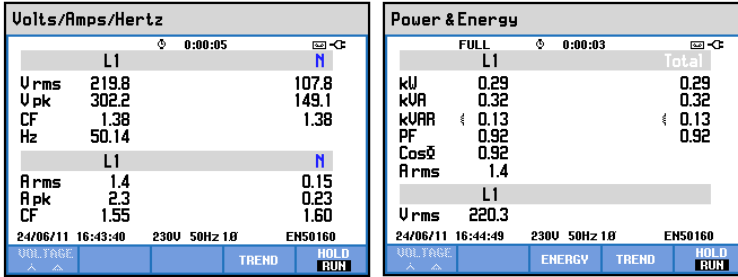
  

	L1	N
THD% <sub>f</sub>	10.2	9.9
H3% <sub>f</sub>	9.9	9.6
H5% <sub>f</sub>	1.9	1.8
H7% <sub>f</sub>	1.3	1.5
H9% <sub>f</sub>	0.2	0.2
H11% <sub>f</sub>	0.2	0.1
H13% <sub>f</sub>	0.1	0.1
H15% <sub>f</sub>	0.1	0.2

(a)

(b)

Gambar 6. (a) THDi total beban *non-linear* sesudah difilter (b) THDv total beban *non-linear* sesudah difilter



(a)

(b)

Gambar 7. (a) Nilai tegangan, arus, dan frekuensi total beban *nonlinear* sesudah difilter, (b) Daya dan energi total beban *non-linear* sesudah difilter

Dari gambar 7 yang telah memakai filter pasif jenis *single tuned* maka nilai *THD<sub>v</sub>* (tegangan) menjadi 2,5% pada frekuensi fundamental dengan harmonisa tertinggi tetap pada orde ke-5 sebesar 2,2% kemudian diikuti oleh orde harmonisa ke-3 sebesar 0,8%, orde ke-7 sebesar 0,6%, orde ke-9 sebesar 0,5%, orde ke-11 sebesar 0,2%, orde ke-13 sebesar 0,2% dan orde ke-15 sebesar 0,4%. Saat menggunakan filter pasif nilai ini semakin tereduksi dan masih berada dalam batas standart *IEEE 519-1992* untuk tegangan yaitu 5% untuk tegangan hingga 69 KV. Komponen harmonisa secara keseluruhan didominasi oleh harmonisa orde ganjil dengan nilai tertinggi pada orde ke-5.

Sedangkan nilai *THD<sub>i</sub>* setelah menggunakan filter pasif jenis *single tuned* maka nilai *THD* arus menjadi 10.2% pada frekuensi fundamental dengan harmonisa tertinggi pada orde ke-3 sebesar 9,9%, kemudian orde ke-5 sebesar 1,9%, orde ke-7 sebesar 1,3%, orde ke-9 sebesar 0,2%, orde ke-11 sebesar 0,2%, orde ke-13 sebesar 0,1%, dan orde ke-15 sebesar 0,1%. Nilai ini sudah tereduksi dan menjadi sesuai dengan standart *IEEE 519-1992* yaitu 15% untuk harmonisa arus kurang dari orde ke-11. Nilai orde harmonisa ini didominasi oleh orde ganjil yang tertinggi yaitu orde ke-3.

## 5. PENUTUP

Dari hasil pembahasan dan analisis yang dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Terjadi pereduksian harmonisa oleh filter pasif jenis *single tuned* tersebut. Untuk THD tegangan sebelum pemasangan filter bernilai 3,8% setelah pemasangan filter pasif menjadi 2,5%, dan untuk THD arus sebelum pemasangan filter bernilai 17,8% setelah dipasang filter pasif menjadi 10,2%, sehingga nilai tersebut telah sesuai dengan standart IEEE 519-1992.
- 2) Dalam percobaan terjadi penurunan nilai  $V_{rms}$  224,6V - 220,3V nilai  $V_{rms}$  jatuh sebesar 1,9%, nilai *drop voltage* (tegangan jatuh) ini masih berada dalam standart PLN yaitu 5%.
- 3) Dari hasil data yang didapat, terjadi pengurangan daya nyata, daya semu, daya reaktif, dan nilai arusnya, akibat penurunan arus inilah membuat berkurangnya kerugian akibat panas dalam rangkaian kabel, yang berarti efisiensi sistem menjadi lebih besar dan lebih sedikit daya yang terbuang(terhambur).

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Azim, Abdul. 2008. Jurnal: Analisa Harmonisa Pada Lampu Hemat Energi. Jakarta: Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia..
- Abdillah, Mochammad, Wahyono, Endro, SST,.MT, dan Ir. H.S, Eko Hendik, MT. Jurnal: Rancang Bangun Rangkaian AC to DC Full Converter Tiga Fasa dengan Harmonisa Rendah. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Suweden, I Nengah,dan Rinas, I Wayan. 2009. Jurnal: Analisa Penanggulangan THD Dengan Filter Pasif Pada Sistem Kelistrikan di RSUP Sanglah. Bali: Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana.
- Sudarno, dan Bien, Liem Ek. 2004. Jurnal: Pengujian Harmonisa Dan Pengurangan Gangguan Harmonisa Pada LampuHemat Energi. Jakarta: Teknik Elektro, Universitas Trisakti.
- Santoso, dan Setianto, RH. Teori Dasar Rangkaian Listrik. Yogyakarta: Laksbang Mediatama.